

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2003-83627

(P 2003-83627 A)

(43) 公開日 平成15年3月19日 (2003.3.19)

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テームト (参考)

F 2 5 B

9/14

5 2 0

F 2 5 B

9/14

5 2 0 F

審査請求

未請求

請求項の数 7

O L

(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2001-273711(P2001-273711)

(22) 出願日 平成13年9月10日 (2001.9.10)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 清水 克美

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

シャープ株式会社内

(74) 代理人 100085501

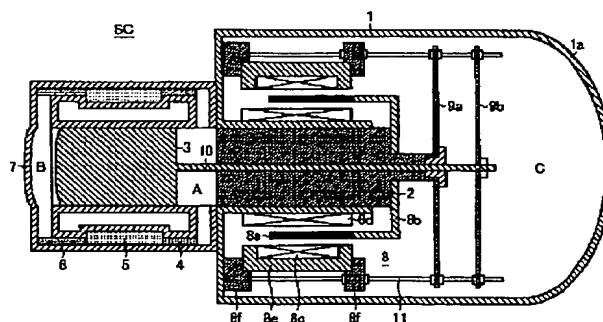
弁理士 佐野 静夫

(54) 【発明の名称】 スターリング冷凍機

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、低消費電力性に優れ、回路規模の縮小及びコストの低減を実現することが可能なスターリング冷凍機を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明は、内部に作動ガスを封入したシリンダ1と、シリンダ1内部を圧縮空間Aと膨張空間Bとに仕切るピストン2及びディスプレーサ3と、ピストン2を駆動するリニアモータ8と、ピストン2とディスプレーサ3とを互いに共振させるバネ9a、9bと、を有し、ピストン2とディスプレーサ3の往復運動に伴う作動ガスの圧縮・膨張を利用して低温を得るスターリング冷凍機SCにおいて、ピストン2の往時に限り、リニアモータ8を駆動する構成である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内部に作動ガスを封入したシリンダと、該シリンダ内部を圧縮空間と膨張空間とに仕切るピストン及びディスプレイサと、該ピストンを駆動するリニアモータと、前記ピストンと前記ディスプレイサとを互いに共振させるバネと、を有し、前記ピストンと前記ディスプレイサの往復運動に伴う前記作動ガスの圧縮・膨張を利用して低温を得るスターリング冷凍機において、前記ピストンの往時に限り、前記リニアモータを駆動することを特徴とするスターリング冷凍機。

【請求項 2】 前記リニアモータを単一のスイッチ素子によって駆動することを特徴とする請求項 1 に記載のスターリング冷凍機。

【請求項 3】 装置停止時における前記ピストンの保持位置を、前記ピストンの動作中心位置よりも後退側とすることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のスターリング冷凍機。

【請求項 4】 前記リニアモータの駆動電圧波形を矩形パルスとし、その電力制御をパルス振幅変調によって行うことを特徴とする請求項 1～請求項 3 のいずれかに記載のスターリング冷凍機。

【請求項 5】 前記リニアモータの駆動電圧波形を矩形パルスとし、その電力制御をパルス幅変調によって行うことを特徴とする請求項 1～請求項 3 のいずれかに記載のスターリング冷凍機。

【請求項 6】 内部に作動ガスを封入したシリンダと、該シリンダ内部を圧縮空間と膨張空間とに仕切るピストン及びディスプレイサと、該ピストンを駆動するリニアモータと、前記ピストンと前記ディスプレイサとを互いに共振させるバネと、を有し、前記ピストンと前記ディスプレイサの往復運動に伴う前記作動ガスの圧縮・膨張を利用して低温を得るスターリング冷凍機において、前記リニアモータに供給するパルス幅変調波形を正負非対称とすることで、前記リニアモータへの印加電圧に擬似的な直流バイアス分を付加することを特徴とするスターリング冷凍機。

【請求項 7】 前記ピストンの動作中心位置を検出し、その検出結果に応じて、前記リニアモータに供給するパルス幅変調波形を制御することを特徴とする請求項 6 に記載のスターリング冷凍機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、フリーピストン型スターリング機関を用いたスターリング冷凍機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 家庭用冷蔵庫等に代表される一般的な冷却装置では、従来から蒸気圧縮式の冷凍サイクルが広く採用されている。この蒸気圧縮式の冷凍サイクルは、フロンガスの凝縮・蒸発を利用して低温を得るものであ

る。確かに、フロンは燃焼性や爆発性がなく腐食性も低いので、冷媒として非常に利用しやすい物質である。しかし、フロンは化学的安定性が高く、大気中へ放出されると成層圏に達してオゾン層を破壊するといった指摘があるため、近年では、特定フロンの使用並びに生産が世界的に規制され始めている。

【0003】 そこで、フロンを冷媒に用いた蒸気圧縮式の冷凍サイクルに代わる冷却技術として、近年、逆スターリング冷凍サイクルが注目を集めている。この逆スターリング冷凍サイクルは、作動ガスとしてヘリウムガスや水素ガス、或いは窒素ガスといった地球環境に悪影響を与えないガスを採用し、逆スターリングサイクルによって低温を得るものである。なお、逆スターリング冷凍サイクルを採用したスターリング冷凍機は、極低温レベルの寒冷を発生させる小型冷凍機の一つとして知られている。

【0004】 上記のスターリング冷凍機は、作動ガスを圧縮する圧縮機と、該圧縮機から吐出された作動ガスを膨張させる膨張機とを組み合わせたものである。圧縮機は、作動ガス圧がサインカーブ等の特性をもって所定周期で経時変化するように作動ガスを圧縮する。一方、膨張機は、先端が閉塞されたシリンダと、該シリンダ内に往復動自在に嵌装され、シリンダ内部を先端側の膨張室と基端側の作動室とに仕切るディスプレイサと、該ディスプレイサの往復運動を弾性支持するバネとを備えて成る。作動室は圧縮機に接続されており、圧縮機からの作動ガス圧によってディスプレイサを往復運動させ、膨張室の作動ガスを膨張させることにより、シリンダ先端の冷却ヘッドに寒冷を発生させる。なお、この方式のスターリング冷凍機は、一般にフリーピストン型スターリング冷凍機と呼ばれている。

【0005】 図 6 は従来のスターリング冷凍機 SC の要部（圧縮機周辺）を示す概略断面図である。本図に示すように、従来のスターリング冷凍機 SC に設けられた圧縮機は、シリンダ 30 内に往復動自在に嵌装されたピストン 40 と、ピストン 40 を駆動するリニアモータ 50 を備えて成る。また、リニアモータ 50 は、マグネット 50a を有するピストン可動部 50b と、磁界を発生するコイル 50c と、インナーラミネーション 50d 及びアウターラミネーション 50e を備えて成る。

【0006】 なお、従来のスターリング冷凍機 SC は、ピストン 40 の前進時（往時）と後退時（復時）の両方でリニアモータ 50 を駆動する構成であった。そのため、リニアモータ 50 は、装置停止時におけるピストン 40 の保持位置が、ピストン 40 の動作中心位置（或いは動作中心位置から僅かに偏位されたオフセット位置）となるように設計されていた。具体的には、装置停止時におけるマグネット 50a の保持位置が、本図に示すように、コイル 50c 及びラミネーション 50d、50e から成る磁気回路（ステータ）の中心位置となるように

設計されていた。

【０００７】また、上記構成から成るスターリング冷凍機ＳＣでは、ピストン４０の往復運動に応じてマグネット５０ａに与える磁界を周期的に反転させる必要があった。そのため、リニアモータ５０をインバータ駆動する制御回路は、コイル５０ｃに対して疑似交流電圧を与え得る回路構成とされていた。

【０００８】図７はリニアモータ５０をインバータ駆動する制御回路の出力段（波形ドライブ部）を示す回路図である。本図に示すように、従来の波形ドライブ部は、４つのスイッチ素子Ｑ１～Ｑ４を有しており、スターリング冷凍機ＳＣ（具体的にはリニアモータ５０を構成するコイル５０ｃ）の一端はスイッチ素子Ｑ１、Ｑ２の接続ノードに接続され、他端はスイッチ素子Ｑ３、Ｑ４の接続ノードに接続されていた。なお、スイッチ素子Ｑ１、Ｑ２は、制御信号Ｓ及びその反転信号Ｓ'によって各々オン／オフ制御されるものであり、スイッチ素子Ｑ３、Ｑ４は、制御信号Ｔ及びその反転信号Ｔ'によって各々オン／オフ制御されるものである。

【０００９】

【発明が解決しようとする課題】確かに、上記構成から成る波形ドライブ部であれば、スイッチ素子Ｑ１～Ｑ４のオン／オフ制御によって電流Ｉ１、Ｉ２を切り換えることにより、スターリング冷凍機ＳＣのコイル５０ｃに対して疑似交流電圧を与えることができる。従って、ピストン４０を往復運動させて、逆スターリングサイクルによる低温を得ることが可能である。

【００１０】しかしながら、前述した通り、従来のスターリング冷凍機ＳＣは、ピストン４０の前進時（往時）と後退時（復時）の両方でリニアモータ５０を駆動する構成であったため、消費電力が大きいたことが課題であった。また、リニアモータ５０の制御回路に４つのスイッチ素子が必要なために回路規模が大きく、高コストであることが課題であった。

【００１１】さらに、上記構成から成るフリーピストン型スターリング冷凍機では、装置内部（低温側及び高温側）の温度状態や周囲温度の変化によってシリンダ内部における作動ガスのバランスが崩れた場合、ピストンの動作中心位置が変動するおそれがあった。しかしながら、従来のスターリング冷凍機ＳＣには、ピストン動作中心位置の変動を修正する手段が何ら設けられていなかったため、該変動による冷却能力の低下や、ピストンとディスプレイサの衝突が生じるおそれがあった。

【００１２】本発明は、上記した問題点に鑑み、低消費電力性に優れ、回路規模の縮小及びコストの低減を実現することが可能なスターリング冷凍機を提供することを第１の目的とする。また、本発明は、装置動作の安定性向上を実現することが可能なスターリング冷凍機を提供することを第２の目的とする。

【００１３】

【課題を解決するための手段】上記した第１の目的を達成するために、本発明に係るスターリング冷凍機は、内部に作動ガスを封入したシリンダと、シリンダ内部を圧縮空間と膨張空間とに仕切るピストン及びディスプレイサと、ピストンを駆動するリニアモータと、ピストンとディスプレイサとを互いに共振させるバネと、を有し、ピストンとディスプレイサの往復運動に伴う作動ガスの圧縮・膨張を利用して低温を得るスターリング冷凍機において、ピストンの往時に限り、リニアモータを駆動する構成としている。

【００１４】なお、上記構成から成るスターリング冷凍機は、リニアモータを単一のスイッチ素子によって駆動する構成にするとよい。

【００１５】また、上記構成から成るスターリング冷凍機では、装置停止時におけるピストンの保持位置を、ピストンの動作中心位置よりも後退側とするとよい。

【００１６】さらに、上記構成から成るスターリング冷凍機では、リニアモータの駆動電圧波形を矩形パルスとし、その電力制御をパルス振幅変調によって行う構成にするとよい。或いは、リニアモータの駆動電圧波形を矩形パルスとし、その電力制御をパルス幅変調によって行う構成としてもよい。

【００１７】また、上記した第２の目的を達成するために、本発明に係るスターリング冷凍機は、内部に作動ガスを封入したシリンダと、シリンダ内部を圧縮空間と膨張空間とに仕切るピストン及びディスプレイサと、ピストンを駆動するリニアモータと、ピストンとディスプレイサとを互いに共振させるバネと、を有し、ピストンとディスプレイサの往復運動に伴う作動ガスの圧縮・膨張を利用して低温を得るスターリング冷凍機において、リニアモータに供給するパルス幅変調波形を正負非対称とすることで、リニアモータへの印加電圧に擬似的な直流バイアス分を付加する構成としている。

【００１８】なお、上記構成から成るスターリング冷凍機は、ピストンの動作中心位置を検出し、その検出結果に応じて、リニアモータに供給するパルス幅変調波形を制御する構成にするとよい。

【００１９】

【発明の実施の形態】まず、本発明に係るスターリング冷凍機ＳＣの第１実施形態について、その構造から説明する。図１は本発明に係るスターリング冷凍機ＳＣの第１実施形態を示す概略断面図である。本図に示すスターリング冷凍機ＳＣはフリーピストン型であり、シリンダ１の内部空間は、同一軸上に配設されたピストン２及びディスプレイサ３によって、圧縮空間Ａと膨張空間Ｂとに仕切られている。圧縮空間Ａと膨張空間Ｂは、放熱部４、再生器５、及び冷却部６によって繋がれた一つの閉回路とされており、該閉回路にはヘリウムガス等の作動ガスが充填されている。同様に、シリンダ１を構成する圧力ベッセル１ａ内のバウンス空間Ｃにも作動ガスが充

10

20

30

40

50

填されている。

【0020】放熱部4は高温側熱交換器であり、圧縮空間Aで作動ガスが圧縮されるときに発生する熱の一部を外部へ放出する機能を有する。再生器5は、細い針金のマトリックスや、ホイルを巻回した環状の隙間によって構成されており、圧縮空間Aから膨張空間Bに移動する作動ガスから熱を受け取り、膨張空間Bから圧縮空間Aに戻る作動ガスに蓄えておいた熱を与える機能、すなわち蓄熱機能を有する。冷却部6は低温側熱交換器であり、膨張空間Bで作動ガスが膨張するときに該冷却部6を介して外部から熱を奪う。なお、逆スターリングサイクルでは、主として膨張空間Bにおいて低温が得られるため、熱交換用の冷却ヘッド7は、膨張空間Bの外面に取り付けられている。

【0021】ピストン2を駆動するリニアモータ8は、マグネット8aを有するピストン可動部8bと、磁界を発生するコイル8cと、インナーラミネーション8d及びアウターラミネーション8eと、ラミネーションホルダ8fと、を備えて成る。

【0022】ピストン可動部8bはピストン2に連結されており、リニアモータ8の煽動子（スライダ）として機能する。コイル8c及びラミネーション8d、8eから成る磁気回路は、リニアモータ8の固定子（ステータ）として機能する。ラミネーション8d、8eは、コイル8cを巻き取るボビンとしての役割だけでなく、コイル8cで発生する磁界を有効にマグネット8aに与える機能を有している。ラミネーションホルダ8fは、アウターラミネーション8eをシリンダ1の内側面に固定するものである。

【0023】ピストン2とディスプレイサ3とを互いに共振させる板バネ9a、9bは、本図に示すように、ピストン2及びディスプレイサロッド10の後端部に取り付けられている。なお、ディスプレイサロッド10とは、ピストン2を貫通してディスプレイサ3と板バネ9bとを接続する部材である。また、本実施形態の板バネ9a、9bはいずれも、バネ保持部11を介してラミネーションホルダ8fに固定されている。

【0024】次に、上記構成から成るスターリング冷凍機SCの動作について説明する。ピストン2はリニアモータ8により駆動され、シリンダ1内を軸方向に往復運動する。ピストン2の往復運動は、シリンダ1内に封入された作動ガスに周期的な圧力変動をもたらすとともに、板バネ9a、9bを介してディスプレイサ3に軸方向の周期運動を生じさせる。

【0025】なお、ディスプレイサ3は、ピストン3と同じ周期でかつ異なった位相をもってシリンダ1内を軸方向に往復運動するものであり、その振幅はピストン2とディスプレイサ3との位相差、すなわち、時間変化する圧縮空間Aと膨張空間Bとの圧力差によって生じるピストン2とディスプレイサ3との動きの差に影響を受け

る。また、ピストン2とディスプレイサ3との位相差は、装置の運転条件が同一であるならば、ディスプレイサ3の質量、板バネ9a、9bのバネ定数、及び共振周波数によって決定される。

【0026】このとき、ピストン2とディスプレイサ3とが適当な位相差を保って往復運動すると、ピストン2により圧縮された圧縮空間A内の作動ガスは、放熱部4、再生器5、及び冷却部6を経由して膨張空間Bへ移動する。その際、作動ガスは放熱部4を介して外部へ熱を放出するとともに、再生器5に熱を預ける形で予冷される。大部分の作動ガスが膨張空間Bに流入すると、今度はディスプレイサ3の動きにより作動ガスが膨張され、その温度は低下する。

【0027】その後、膨張空間B内の作動ガスは、冷却部6、再生器5、及び放熱部4を経由して圧縮空間6に戻る。その際、作動ガスは冷却部6を介して外部から熱を奪い、再生器5に預けておいた熱を回収して圧縮空間Aに入る。大部分の作動ガスが圧縮空間6に戻ると、再び作動ガスの圧縮が始まり、次サイクルに移行する。

【0028】以上のようなサイクルが連続的に繰り返されることにより、冷却ヘッド7では極低温を得ることができる。従って、冷却ヘッド7に隣接して冷凍室を形成しておけば、該冷凍室内に貯蔵した食品等の被冷却物を冷却することができる。

【0029】ここで、本発明に係るフリーピストン型スターリング冷凍機SCでは、ピストン2が共振を利用して正弦運動していることに鑑み、ピストン2の往時に限り、リニアモータ8を駆動する構成としている。このような構成とすることにより、リニアモータ8の消費電力を半減することができるので、低消費電力性に優れたスターリング冷凍機を提供することが可能となる。

【0030】なお、ピストン2の往時にのみリニアモータ8を駆動する構成としたことにより、装置停止時におけるピストンの保持位置が、ピストンの動作中心位置（或いは動作中心位置から僅かに偏位されたオフセット位置）となる従来設計のリニアモータ（図6参照）では、本来のストロークの半分しかピストン2を駆動できないことになる。

【0031】そこで、本実施形態のリニアモータ8では、装置停止時におけるピストン2の保持位置が、ピストン2の動作中心位置よりも後退側とされている。より具体的には、本図に示すように、装置停止時におけるマグネット8aの後端部（本図の右端側）と、ラミネーション8d、8eの後端部（本図の右端側）とが一致するような構造とされている。このような構成とすることにより、ピストン2の往時にのみリニアモータ8を駆動する構成であっても、ピストン2を本来のストロークで駆動することが可能となる。

【0032】続いて、リニアモータ8をインバータ駆動する制御回路の構成について説明する。図2はリニアモ

ータ8をインバータ駆動する制御回路の一例を示すブロック図である。本図に示す制御回路は、マイコン等の制御部20と、交流電源が入力される電源制御部21と、電源制御部21からの指示に基づいて可変電圧Vを生成する昇降圧部22と、スターリング冷凍機SC(具体的にはリニアモータ8を構成するコイル8c)に対する電圧波形を制御する波形ドライブ部23と、波形ドライブ部23に流れる過電流を検知する過電流検知部24と、ユーザに対する入出力(操作受付や画面出力等)を行う操作表示部25と、を有している。

【0033】図3は波形ドライブ部23の一例を示す回路図である。上記で説明した通り、本発明に係るスターリング冷凍機SCは、ピストン2の往時にのみリニアモータ8を駆動する構成であり、リニアモータ8を構成するコイル8cには、ピストン2の往時に一方向の電流を流すだけでよい。そこで、本実施形態の波形ドライブ部23は、本図に示すように、スターリング冷凍機SCを単一のスイッチ素子Q1によって駆動する構成としている。このような構成とすることにより、制御回路の規模縮小を実現し、装置のコスト低減に貢献することができる。

【0034】なお、スイッチ素子Q1としては、バイポーラトランジスタやMOS電界効果トランジスタ(MOS-FET)、或いは絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ(IGBT[Insulated Gate Bipolar Transistor])などを用いればよい。なお、IGBTは、MOS-FETとバイポーラトランジスタを組み合わせて1チップとした素子であり、MOS-FETの高速スイッチング特性や低駆動電力性に加えて、バイポーラトランジスタの低抵抗特性を併せ持っている。

【0035】次に、リニアモータ8のインバータ駆動制御について説明する。図4はコイル8cに印加される電圧波形の一例を示す図である。なお、図中(a)は、リニアモータ8の駆動電圧波形を矩形パルスとし、その電力制御がパルス振幅変調(以下、PAM[Pulse Amplitude Modulation]制御と呼ぶ)による場合の波形を示している。一方、図中(b)は、リニアモータ8の駆動電圧波形を矩形パルスとし、その電力制御がパルス幅変調(以下、PWM[Pulse Width Modulation]制御と呼ぶ)による場合の波形を示している。

【0036】図中(a)に示すように、リニアモータ8の駆動電圧波形を矩形パルスとし、スターリング冷凍機SCの能力制御方法として、矩形パルスのピーク電圧を変化させるPAM制御を採用することにより、リニアモータ8の駆動に伴うスイッチングノイズの低減を図ることができる。従って、装置の動作安定性を向上することが可能となる。

【0037】一方、図中(b)に示すように、リニアモータ8の駆動電圧波形を矩形パルスとし、スターリング冷凍機SCの能力制御方法として、矩形パルスのピーク

電圧を変化させないPWM制御を採用することにより、図2に示した昇降圧部22が不要となる。従って、簡易な構成でスターリング冷凍機SCの能力制御を実現することが可能となる。

【0038】続いて、本発明に係るスターリング冷凍機の第2実施形態について説明する。本実施形態のスターリング冷凍機は、従来のスターリング冷凍機(図6、図7参照)と同様、ピストンの前進時(往時)と後退時(復時)の両方でリニアモータを駆動する構成であり、

10 該リニアモータを構成するコイルへの電圧印加方法に特徴を有するものである。

【0039】図5は本発明の第2実施形態においてコイルに印加される電圧波形の一例を示す図である。本図に示すように、本実施形態のスターリング冷凍機は、リニアモータに供給するパルス幅変調波形(以下、PWM波形と呼ぶ)を正負非対称とすることで、コイルへの印加電圧に擬似的な直流バイアス分を付加し、見かけの電源0V位置を制御する構成である。

20 【0040】例えば、見かけの電源0V位置を正側(A方向)に偏位させる場合には、正側のPWM波形のデューティ比を、負側のPWM波形のデューティ比よりも大きくすればよい。逆に、負側(B方向)に偏位させる場合には、負側のPWM波形のデューティ比を、正側のPWM波形のデューティ比よりも大きくすればよい。このような構成とすることにより、リニアモータの制御回路に変更を加えることなく、容易にピストンの動作中心位置を制御することが可能となる。

30 【0041】また、本実施形態のスターリング冷凍機には、ピストン動作中心位置の検出手段が設けられており、その検出結果に応じて、リニアモータに供給するパルス幅変調波形が逐一制御される構成である。このような構成とすることにより、装置内部(低温側及び高温側)の温度状態や周囲温度の変化によってシリンダ内部における作動ガスのバランスが崩れ、ピストンの動作中心位置が変動した場合であっても、その変動を修正し、該変動による冷却能力の低下や、ピストンとディスプレイサの衝突が生じる危険性を回避することができる。従って、装置動作の安定性向上を実現することが可能となる。

40 【0042】なお、ピストン動作中心位置の検出手段としては、ピストンが動作中心位置から所定量だけ離れたとき、リニアモータを構成するマグネットの磁束を切る位置に巻線を設け、該巻線に発生した電圧を検出する方法が考えられる。このような検出方法を採用した場合には、ピストンの動作中心位置と巻線に発生する電圧との関係を予め実験によって求めておくことにより、ピストンの動作中心位置を検出することができる。もちろん、ピストン動作中心位置の検出手段として、他の方法を用いても構わない。

50 【0043】また、ピストン動作中心位置の制御につい

ては、上記したピストン動作中心位置の検出手段から外れた位置を中心にピストンが往復運動した場合に、そのずれ量分に相当したPWM波形をリニアモータに与える定点制御としてもよいし、ピストン動作中心位置の変化を連続的に捉え、その変化量に応じたPWM波形をリニアモータに与える連続制御としてもよい。

【0044】

【発明の効果】上記で説明した通り、本発明に係るスターリング冷凍機は、内部に作動ガスを封入したシリンダと、シリンダ内部を圧縮空間と膨張空間とに仕切るピストン及びディスプレーサと、ピストンを駆動するリニアモータと、ピストンとディスプレーサとを互いに共振させるバネと、を有し、ピストンとディスプレーサの往復運動に伴う作動ガスの圧縮・膨張を利用して低温を得るスターリング冷凍機において、ピストンの往時に限り、リニアモータを駆動する構成としている。このような構成とすることにより、リニアモータの消費電力を半減することができるので、低消費電力性に優れたスターリング冷凍機を提供することが可能となる。

【0045】なお、上記構成から成るスターリング冷凍機は、リニアモータを単一のスイッチ素子によって駆動する構成にするとよい。このような構成とすることにより、制御回路の規模縮小を実現し、装置のコスト低減に貢献することができる。

【0046】また、上記構成から成るスターリング冷凍機では、装置停止時におけるピストンの保持位置を、ピストンの動作中心位置よりも後退側とするとよい。このような構成とすることにより、ピストンの往時にのみリニアモータを駆動する構成であっても、ピストンを本来のストロークで駆動することが可能となる。

【0047】さらに、上記構成から成るスターリング冷凍機では、リニアモータの駆動電圧波形を矩形パルスとし、その電力制御をパルス振幅変調によって行う構成にするとよい。このような構成とすることにより、リニアモータの駆動に伴うスイッチングノイズの低減を図ることができる。従って、装置の動作安定性を向上することが可能となる。

【0048】或いは、リニアモータの駆動電圧波形を矩形パルスとし、その電力制御をパルス幅変調によって行う構成としてもよい。このような構成とすることにより、簡易な構成でスターリング冷凍機的能力制御を実現することが可能となる。

【0049】また、本発明に係るスターリング冷凍機は、内部に作動ガスを封入したシリンダと、シリンダ内部を圧縮空間と膨張空間とに仕切るピストン及びディスプレーサと、ピストンを駆動するリニアモータと、ピストンとディスプレーサとを互いに共振させるバネと、を有し、ピストンとディスプレーサの往復運動に伴う作動ガスの圧縮・膨張を利用して低温を得るスターリング冷凍機において、リニアモータに供給するパルス幅変調波

形を正負非対称とすることで、リニアモータへの印加電圧に擬似的な直流バイアス分を付加する構成としている。このような構成とすることにより、リニアモータの制御回路に変更を加えることなく、容易にピストンの動作中心位置を制御することが可能となる。

【0050】なお、上記構成から成るスターリング冷凍機は、ピストンの動作中心位置を検出し、その検出結果に応じて、リニアモータに供給するパルス幅変調波形を制御する構成にするとよい。このような構成とすることにより、装置内部（低温側及び高温側）の温度状態や周囲温度の変化によってシリンダ内部における作動ガスのバランスが崩れ、ピストンの動作中心位置が変動した場合であっても、その変動を修正し、該変動による冷却能力の低下や、ピストンとディスプレーサの衝突が生じる危険性を回避することができる。従って、装置動作の安定性向上を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るスターリング冷凍機SCの第1実施形態を示す概略断面図である。

【図2】 リニアモータ8をインバータ駆動する制御回路の一例を示すブロック図である。

【図3】 波形ドライブ部23の一例を示す回路図である。

【図4】 コイル8cに印加される電圧波形の一例を示す図である。

【図5】 本発明の第2実施形態においてコイルに印加される電圧波形の一例を示す図である。

【図6】 従来のスターリング冷凍機SCの要部（圧縮機周辺）を示す概略断面図である。

【図7】 リニアモータ50をインバータ駆動する制御回路の出力段（波形ドライブ部）を示す回路図である。

【符号の説明】

SC スターリング冷凍機

1 シリンダ

1a 圧力ベッセル

2 ピストン

3 ディスプレーサ

4 放熱部

5 再生器

40 6 冷却部

7 冷却ヘッド

8 リニアモータ

8a マグネット

8b ピストン可動部

8c コイル

8d インナーラミネーション

8e アウターラミネーション

8f ラミネーションホルダ

9a、9b 板バネ

50 10 ディスプレーサロッド

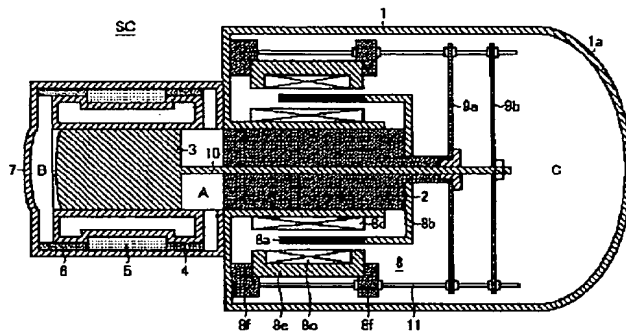
11

12

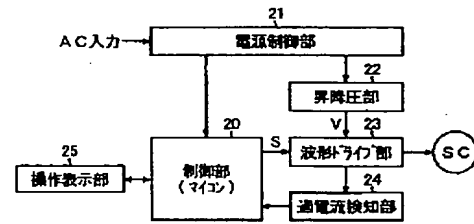
- 11 バネ保持部
A 圧縮空間
B 膨張空間
C バウンス空間
20 制御部（マイコン）
21 電源制御部

- 22 昇降圧部
23 波形ドライブ部
24 過電流検知部
25 操作表示部
Q1 スイッチ素子

【図1】

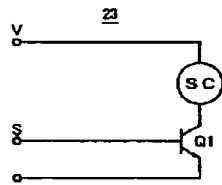


【図2】

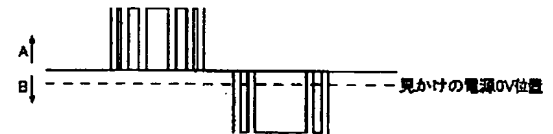
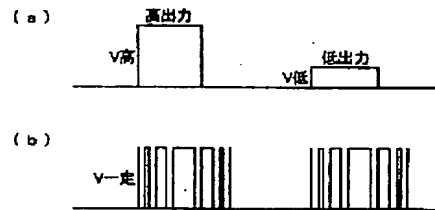


【図5】

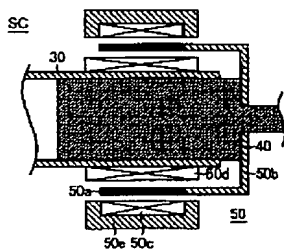
【図3】



【図4】



【図6】



【図7】

